

Title	ミツバチの採餌行動にみる情報交換と仕事分担(生物,階層性と非線形ダイナミクス:現象論の視座)
Author(s)	佐々木, 正己
Citation	物性研究 (1997), 67(5): 577-578
Issue Date	1997-02-20
URL	http://hdl.handle.net/2433/95994
Right	
Type	Departmental Bulletin Paper
Textversion	publisher

ミツバチの採餌行動にみる情報交換と仕事分担

玉川大学 佐々木正己

ミツバチの社会システムは、我々のそれとは大きく異なる原理に基づいて動いているにもかかわらず、その構造、機能共に高度に組織化され、決定権をもつリーダーがいないにもかかわらず、コロニーとしての意志がきわめて適切に決定され、実行される。今回は、3万匹からなる成員の構成と機能分化、機能の発揮に重要なコロニーの3D構造について概観した後、採餌にみる仕事の分配と効率化に関する最近の考え方を紹介した。そこでは記憶や学習もおおいに関係するが、今回はそこまでは扱えなかった。

1. コロニーの構成と機能分担（分業）

生殖を占有する女王（女王カスト）が中心にいる。女王は通常1匹のみで（単女王性）、その移行期を除き、コロニーのすべての成員の母親である。しかし、ではすべての働き蜂が遺伝的には斉一かということそうではない。女王は10匹以上の雄蜂との交尾によって得た貯蔵精子をランダムに用いて子を産むために、すべての働き蜂は異父姉妹の血縁関係にあたる。仕事の分担において、この父親を一にするサブグループ（subfamily, patriline）ごとの得意、不得意が効いてくる（遺伝的分業）。いま一つに分業が加齢による生理的性質の推移に伴うもので（age polyethism）、掃除、育児などの内勤から、巣作りや門番（スキップすること多い）を経て外勤（蜜や花粉の採集）に移行するのが基本パターンである。この横系（subfamily によるもの）と縦系（加齢に伴うもの）のように機能する2つの分業傾向が、コロニー全体としてのフレキシブルな分業構造を作り出している。

2. コロニーの3D構造の重要性

コロニー機能の実現にとって巣内3D構造の重要性も見逃せない。巣箱を開けてみると何枚もの巢板が並んでいて、たくさんの蜂がうごめいている。その数2～3万匹。一見ただ多数の蜂が群がっているように見える。しかし実際には中央に貯蔵花粉圏にとりかこまれた育児圏、その外側と上部に貯蜜圏がくるといいう構造がある。働き蜂は35℃に温度制御された中央部で次々に羽化し、加齢に伴いオーバーフローするように周縁部へと活動の場を移す。この間個々の働き蜂の仕事のレパートリーが変わっていくが、システム全体としては安定構造が保たれる。齢の進んだ蜂達が多く分布する周縁部は内部を守るバリアー役を果たすとともに、サーカディアンリズムを刻み、様々な調節を行う。とくに巢門に近い一角は、外部とのチャンネルとして、一番外側にガード蜂と換気のための扇風蜂を配し、その内側はダンスによる採餌情報の交換の場、集めてきた蜜の貯蔵係への受け渡しとなる。

3. 採餌行動の分配と効率化

コロニー内の情報システムとしては、女王から働き蜂への女王物質や、集合、警報フェロモンといった化学物質によるもの、音（空気を媒体）や振動（巢板基質を媒体）によるコミュニケーションなどがよく発達しているが、中でもダンスによる情報伝達は有名である。このダンスに関わる「蜜集め」の調節機構に焦点をあて、要点を示せば以下の通りである。

1) 平均的な値でいって、25%程度の働き蜂（25000匹のコロニーなら6000匹）が日々採餌に

出かけ、色々な蜜源の情報を持ち帰る。このうちの多くの蜂は過去に訪れていた自分の花（蜜源）をもっていて、そこに通いながらその収益性の変化を評価しており、状態が良ければ続け、悪化すればすぐに中止する。この採餌蜂の20%程度は新参蜂か、自分の通っていた蜜源の悪化で、新たな場所を見つけなければならない蜂である。それらの90%くらいはダンス情報によって仲間がすでに通っている花からの採餌に加わる。そしてわずかに10%程度（たとえば $6000 \times 0.2 \times 0.1 = 120$ 匹）が、新しい花の探索に従事し、新たに開拓した蜜源のニュースをコロニーにもたらす。

2) 採餌蜂は蜜の質、量、巣箱からの距離、をエネルギー経済の観点から総合評価し、それをダンスの有無および“持続時間”の形で表現する。発音を伴う尻振り走行と8の字を描くリターンランが繰り返されるダンスの持続時間が長くなれば、それだけその情報が示す花へ招集される蜂が増える。それらが帰巢後またダンスにより招集を行えば、その花の情報量は雪だるま式に増え、その蜜源を利用する蜂が一気に増加することになる。このダンスによる情報発信は、巣門のすぐ内側の限られた空間の巣板上で行われるので、そこには色々な場所を宣伝する情報が混在する。発信される情報は距離と方向を示し、それぞれ翅の微弱な上下振動で作られる250ヘルツの音の長さ、音信号を発している時の体軸が重力場の方向となす角度により、“コード化”されている。情報はこれを受け取る蜂の触覚の共振という形で受容されるので、数cm以内で有効なローカルコミュニケーションであり、色々な場所に対する情報が混在していても混信がさけられる。

3) 情報を発信する側の採餌蜂は、自分の蜜源の状態を総合評価するだけでなく、コロニー全体での蜜の流入具合をも感知し、自分のダンス閾値およびその持続時間を調節する。その際もっとも重要な情報となるのは、採ってきた蜜を受け取ってくれる貯蜜係を捜すのに要する時間の長短である。たとえば、蜜の流入が少なければ貯蜜係は採餌蜂の帰りを待ちかまえているし、流入が多かったり、巣箱が蜜でいっぱい、蜜の置き場が見つかりにくかったりすれば、採餌蜂の捜し時間は長くなり、“踊る動機づけ”のレベルが下がる。つまり後者の場合は踊るダンスの持続時間が短くなるか、あるいは踊ること自体を止めてしまう。

このようにしてミツバチコロニーは、リアルタイムで時々刻々と、もっとも収益性の高い花を集中的に利用し、見合わない花はすぐに切り捨てるという効率的な採餌を可能にしているのである。その際、個々の採餌蜂がその中枢神経系内では、蜜源と巣内の双方の情報を統合するという高度なことが行われるが、蜂と蜂の間ではダンスの持続時間というシンプルな信号が機能しており、調節に重要なキーとなるダンス場で蜜を受け取ってくれる蜂が見つかるまでの時間も、シンプルな確率論で説明される点は注目に値する。

主な参考文献

- Seeley, T. D. (1995) *The Wisdom of the Hive*. Harvard Univ. Press. pp.295.
佐々木正己 (1993) ミツバチの社会システムとその制御. (社会性昆虫の進化生態学, 松本忠夫・東正剛編) 海游舎, p.206-245.